

SIFAT FISIK GRANUL AMILUM JAGUNG YANG DIMODIFIKASI SECARA ENZIMATIS
DENGAN *Lactobacillus acidophilus* PADA BERBAGAI WAKTU FERMENTASI

Rissang Bagus Sigit Priyanta, Cokorda Istri Sri Arisanti, I G.N. Jemmy Anton P.
Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana

ABSTRACT

Corn starch is the one type of starch that potential to be developed as an excipient in manufacture of pharmaceutical dosage forms. However, corn starch has the bad flow and compactibility properties. According to that matters, chemicaly modified corn starch using amilase enzym which is produced by *Lactobacillus acidophilus* highly neccesesary. It is known that -amylase enzyme is capable of changed the microscopic structure of starch then produced better flow rate and compactibility properties. This study was conducted to see the effect of variations in the concentration of bacteria *Lactobacillus acidophilus* producing -amilase enzyme on the granule physical properties of fermented corn starch.

This research was done by fermentating the corn starch using the *Lactobacillus acidophilus* bacteria with a variations time of fermentation which is 0, 24, 48, 72, and 84. The effect of variations time of fermentation which used *Lactobacillus acidophilus* on physical properties of fermented corn starch is performed by flow rate and compressibility test. The data were analyzed using one-way ANOVA with 95% confidence level.

Results showed that the concentration of the *Lactobacillus acidophilus* bacteria significantly influence the granule physical properties of fermented corn starch. Fermented corn starch for 72 hours had been produced the best physical properties in flow rate and compactibility properties.

Key words : corn starch, *Lactobacillus acidophilus*, time of fermentation, physical properties.

PENDAHULUAN

Eksipien merupakan bahan selain zat aktif yang ditambahkan dalam formulasi suatu sediaan farmasi. Eksipien sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat zat aktif sehingga mempermudah dalam proses produksi sediaan farmasi. Eksipien yang digunakan memiliki sifat tidak toksik, inert secara farmakologis, stabil secara fisika dan kimia baik tersendiri maupun dalam kombinasi dengan zat aktif dan relatif murah. Eksipien meliputi bahan pengisi, pengikat, disintegran, dan lubrikan. Salah satu eksipien yang digunakan dalam pembuatan sediaan farmasi adalah amilum..

Amilum merupakan campuran dua macam stuktur polisakarida yang berbeda yaitu amilosa (17-20%) dan amilopektin (83-80%) (Gunawan dan Mulyani, 2004). Amilum juga didefinisikan sebagai karbohidrat yang berasal dari tanaman, sebagai hasil fotosintesis, yang disimpan dalam bagian tertentu tanaman sebagai cadangan makanan (Soebagio et al., 2009). Sifatnya yang inert dan dapat tercampurkan dengan sebagian besar bahan obat merupakan kelebihan dari amilum sebagai eksipien.

Amilum yang sering digunakan dalam industri farmasi dapat dibagi menjadi 2 yaitu amilum alami dan amilum modifikasi. Amilum alami (native starch) adalah amilum yang dihasilkan dari sumber umbi-umbian dan belum mengalami perubahan sifat fisika dan kimia atau diolah secara fisika-kimia. Jika amilum alami digunakan sebagai eksipien dalam tablet maka terdapat dua kekurangan yang berpengaruh terhadap sifat fisik granul yaitu mempunyai daya alir dan kompaktibilitas yang kurang baik (Soebagio et al., 2009). Hal ini terjadi karena amilum alami banyak mengandung amilosa sehingga bersifat kering, kurang lekat dan cenderung menyerap air lebih banyak (Hasibuan, 2009). Granul amilum alami mempunyai kompaktibilitas yang kurang baik karena bentuk granulnya oval polihedral sehingga strukturnya cenderung agak rapat (Soebagio et al., 2009). Amilum termodifikasi merupakan suatu amilum yang sudah diproses secara kimiawi maupun mekanis, sehingga diharapkan akan diperoleh amilum yang mempunyai sifat alir dan kompaktibilitas yang lebih baik dari amilum asalnya sehingga dapat digunakan sebagai eksipien (Voight, 1995).

Salah satu tanaman penghasil amilum adalah jagung. Jagung mempunyai beragam jenis amilum, mulai dari amilosa dan amilopektin rendah sampai tinggi. Berdasarkan kandungan amilosa dan amilopektin yang dimiliki, jagung dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu jenis normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa, jenis waxy mengandung 99% amilopektin, jenis amilomaize mengandung 20% amilopektin dan 40-70% amilosa, dan jagung manis mengandung 22,8% amilosa saja (Singh et al., 2005). Dari empat jenis jagung tersebut, pada penelitian ini digunakan jagung normal karena mengandung amilosa dan amilopektin yang relatif besar.

Teknologi fermentasi merupakan ilmu dan teknik terapan yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan amilum modifikasi. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi seperti bakteri asam laktat, bakteri asam asetat, bakteri lipolitik pada substrat organik yang sesuai (Abdillah, 2010). *Lactobacillus acidophilus* merupakan salah satu kelompok Bakteri Asam Laktat (BAL). *Lactobacillus acidophilus* selama proses fermentasi mampu menurunkan kadar amilosa dalam amilum akibat pengaruh enzim -amilase. Berkurangnya kadar amilosa ini mengakibatkan amilum yang dihasilkan tidak higroskopis (Aini et al., 2009). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sotomayor et al (1999), amilum lentil mengalami perubahan struktur mikroskopik dengan adanya proses fermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus*. Studi mikroskopik menunjukkan bahwa amilum mengalami korosi dimulai dari bagian tengah granul sehingga membentuk lubang. Melalui terbentuknya lubang tersebut maka struktur mikroskopik amilum mengalami perubahan dari oval menjadi tidak beraturan sehingga sifat alir dan kompaktibilitasnya menjadi lebih baik. Perubahan struktur tersebut dapat terjadi akibat degradasi oleh enzim -amilase dengan cara memecah ikatan -1,4 glukosa pada amilosa dan amilopektin. Menurut penelitian Azmi (2010), waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Waktu optimum fermentasi untuk aktivitas enzim -amilase pada amilum biji nangka adalah pada 72 jam. Pada waktu 0-12 jam merupakan fase lag, selanjutnya dari waktu 24 sampai 72 jam merupakan fase eksponensial, dimana terjadi peningkatan yang besar terhadap jumlah

bakteri yang dihasilkan, begitu juga dengan aktivitas enzim -amilase sehingga terjadi perubahan sifat fisik pada amilum tersebut. Namun setelah waktu 72 jam jumlah bakteri mulai menurun, dimana pertumbuhan telah memasuki fase stationer, dan pada waktu 84 jam merupakan fase kematian karena nutrisi yang digunakan sudah habis.

Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik melakukan penelitian mengenai pengaruh waktu terhadap sifat fisik granul amilum jagung yang difermentasi menggunakan bakteri *Lactobacillus Acidophilus*. Maka dari itu dilakukan pemeriksaan terhadap amilum jagung hasil fermentasi tersebut melalui parameter pengujian seperti uji organoleptik yang meliputi bentuk, warna, bau, dan rasa serta dilakukan uji sifat fisik granul yang meliputi pengujian kelembaban granul, sifat alir, pengujian bobot jenis dan kompaktibilitas granul, serta penentuan distribusi ukuran partikel.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan adalah sendok tanduk, timbangan analitik (Adam afp-360L), cawan porselen, mortir, stamper, termometer, alat-alat gelas PYREX Iwaki TE-3C, tabung reaksi, pipet ukur, pipet tetes, batang pengaduk, stirrer (SS 2), mikroskop (Yazumi xsp-12), desikator, gelas objek, oven, stopwatch (Stop Timer), heater (Corning PC-420D), seperangkat alat pengukur kecepatan alir dan sudut diam, alat uji distribusi ukuran partikel dengan mesh bertingkat no. 20, 40, 60, dan 80 (Electromagnetic Sieve Shaker EMS-8), alat uji kompaktibilitas (Electrolab Tap density tester EDT-1020), container chopper, blender, kain flanel, pengayak mesh no 20, 40, 60, 80 dan 100, pH meter (Oakton pH 510 series), dan oven (Binder-06).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung normal varietas lokal yang diperoleh dari lahan petani jagung di desa Melaya, kabupaten Jembrana-Bali, kultur *Lactobacillus acidophilus* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UGM, aquades, larutan iodium.

Prosedur Penelitian

1. Determinasi

Determinasi jagung dilakukan di Laboratorium Morfologi dan Anatomi Tumbuhan Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Udayana.

2. Pengumpulan bahan

Jagung yang digunakan adalah jagung siap panen yaitu 86-96 hari setelah umur panen. Buah jagung dibersihkan, dipipil hingga diperoleh biji jagung, kemudian dicuci bersih menggunakan air mengalir, dikeringkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Amilum Jagung

Bahan, pembuatan amilum, proses fermentasi, uji pendahuluan dan uji sifat fisik. Jagung yang dipakai dalam penelitian adalah jagung normal yang menghasilkan amilum sebanyak 9,38%. Amilum yang dihasilkan kemudian dibagi menjadi 6 kelompok perlakuan yaitu (amilum alami, amilum terfermentasi dengan waktu 0, 24, 48, 72 dan dengan cara diangin-anginkan hingga tidak didapatkan lagi air yang tersisa, lalu dibungkus dan disimpan ditempat yang kering.

3. Pembuatan amilum jagung

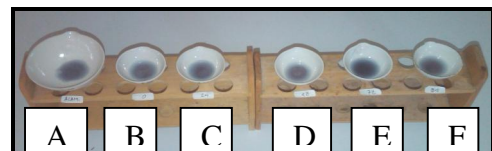
Biji jagung yang telah bersih dihancurkan menjadi butiran kasar dengan menggunakan cooper, kemudian ditimbang sebanyak 16 kg dan diblender sampai hancur dengan bantuan aquadest dengan perbandingan jagung : aquadest (2 : 1 b/v). Bahan kemudian disaring menggunakan kain flanel ke dalam suatu tempat kemudian ampas diperas sampai tidak mengeluarkan air perasan lagi. Suspensi atau filtrat yang dihasilkan kemudian didekantasi (diendapkan) selama 24 jam. Ambil endapan amilum, dicuci berulang-ulang dengan air hingga diperoleh amilum berwarna putih. Amilum dikeringkan dalam oven bersuhu 50°C selama 24 jam. Kemudian pati diayak dengan ayakan mesh no. 20 (Soebagio et al., 2009). Dari amilum jagung yang didapat, kemudian dibuat amilum modifikasi dengan cara memfermentasi amilum alami menggunakan bakteri *Lactobacillus acidophilus* sebanyak 3% dengan variasi waktu sebesar 24, 48, 72 dan 84 jam. Pembuatan amilum modifikasi untuk masing-masing perlakuan, yaitu 24, 48, 72 dan 84 jam dikerjakan dengan metode aseptis didalam LAF (Laminar Air Flow). Amilum modifikasi di s haker dengan kecepatan 100 rpm serta dinkubasi pada suhu ruangan, setelah itu amilum disaring dengan kain

flannel dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C selama 24 jam sampai terbentuk slug (lembaran padatan) dari amilum jagung terfermentasi, kemudian dipecah-pecah dan diayak menggunakan ayakan mesh no. 20. 84 jam) dengan tiga kali pengulangan. Masing-masing kelompok perlakuan menggunakan sebanyak 250 gram amilum. Dari proses tersebut diperoleh sekitar 80% amilum terfermentasi.

2. Uji Pendahuluan Amilum

a. Identifikasi amilum

Hasil positif amilum ditunjukkan dengan timbulnya warna biru keunguan setelah amilum direaksikan dengan iodine. Terbentuknya warna tersebut disebabkan karena amilosa yang berikatan dengan iodine akan menghasilkan warna biru dan amilopektin yang berikatan dengan iodine memberikan warna violet kebiruan atau ungu (Depkes RI, 1995). Baik amilum alami dan amilum terfermentasi menghasilkan warna biru. Berikut ini merupakan gambar identifikasi amilum jagung alami dan amilum jagung fermentasi dengan variasi waktu 0 hingga 84 jam dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Identifikasi amilum jagung dengan iodium

Keterangan gambar :

- A. Amilum jagung alami
- B. Amilum jagung terfermentasi selama 0 jam
- C. Amilum jagung terfermentasi selama 24 jam
- D. Amilum jagung terfermentasi selama 48 jam
- E. Amilum jagung terfermentasi selama 72 jam
- F. Amilum jagung terfermentasi selama 84 jam

b. Uji organoleptik

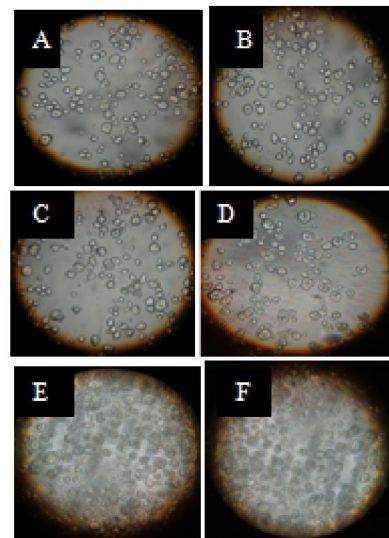
Hasil pengujian organoleptik yang dilakukan pada amilum jagung alami dan amilum jagung terfermentasi yaitu berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa. Hal ini sesuai dengan persyaratan amilum pada Farmakope Indonesia IV (1995).

c. Uji mikroskopik

Pengamatan mikroskopik amilum jagung alami, susunan amilumnya terlihat bergerombol, hilus ada ditengah, lamela tidak ada, butir amilum ada yang berbentuk sferis dan ada pula yang berbentuk polihedral. Pada amilum jagung alami ini dijumpai lebih banyak butir amilum yang berbentuk polihedral dibandingkan dengan yang berbentuk sferis. Pada pengamatan mikroskopik amilum jagung terfermentasi, terlihat perbedaan hasil yang terjadi antara amilum jagung alami dengan amilum jagung yang difermentasi selama 24, 48, 72 dan 84 jam. Pada amilum jagung yang difermentasi selama 0 jam, terlihat bahwa hasil mikroskopiknya hampir sama dengan amilum jagung alami yaitu butir amilum yang berbentuk polihedral lebih banyak dijumpai dibandingkan dengan bentuk sferis. Perubahan bentuk mikroskopik terjadi pada amilum yang terfermentasi selama 24, 48, 72 dan 84 jam. Pada waktu fermentasi amilum selama 24 jam terlihat bahwa bentuk sferis lebih banyak dibandingkan dengan amilum jagung alami. Pada amilum yang terfermentasi selama 48 jam bentuk sferis dijumpai lebih banyak dibandingkan pada amilum yang terfermentasi selama 24 jam, namun bentuk tidak beraturan masih ditemukan. Pada amilum yang terfermentasi selama 72 dan 84 jam, terlihat bahwa hampir semua amilum berbentuk sferis.

Menurut penelitian Sotomayor et al (1999) dan Xia Li et al (2011) enzim -amilase mampu mengubah struktur amilum melalui dua tahap yaitu dengan mengikis permukaan bagian dalam dari amilum (endocorrosion) akibat pecahnya ikatan -1,4 D-glukosa, kemudian dilanjutkan dengan terkikisnya bagian luar amilum (exocorrosion). Pada penelitian ini digunakan konsentrasi bakteri sebesar 3 %, dan variasi waktu fermentasi yang digunakan adalah 0, 24, 48, 72, dan 84 jam. Aktivitas dari enzim -amilase mulai terlihat pada waktu fermentasi selama 24 jam. Pada saat itu enzim -amilase bekerja dengan cara memutus ikatan -1,4 D-glukosa sehingga mengakibatkan permukaan bagian dalam amilum terkikis seluruhnya, kemudian dilanjutkan dengan pengikisan bagian luar amilum dalam jumlah kecil. Pada waktu 48 jam enzim -amilase yang dihasilkan oleh bakteri telah mengikis seluruh bagian dalam amilum dan mengikis bagian luar amilum tidak terlalu dalam, sehingga

menghasilkan bentuk sferis yang lebih banyak dibandingkan dengan amilum terfermentasi selama 24 jam. Sedangkan pada amilum yang terfermentasi selama 72 dan 84 jam, enzim -amilase yang dihasilkan oleh bakteri *Lactobacillus acidophilus* lebih banyak mengikis bagian luar sehingga lebih banyak yang berbentuk sferis. Pada waktu 72 jam terjadi fase eksponensial akhir, yang kemudian dilanjutkan dengan memasuki fase stationer dan fase kematian pada waktu fermentasi 84 jam, sehingga hasil yang ditunjukkan pada kedua waktu tersebut tidak jauh berbeda. Perbedaan mikroskopik amilum jagung alami dan amilum jagung terfermentasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1 Mikroskopik Amilum Jagung Alami dan Amilum Jagung Terfermentasi dengan Perbesaran 400 kali

Keterangan gambar :

- A. Amilum jagung alami
- B. Amilum jagung terfermentasi selama 0 jam
- C. Amilum jagung terfermentasi selama 24 jam
- D. Amilum jagung terfermentasi selama 48 jam
- E. Amilum jagung terfermentasi selama 72 jam
- F. Amilum jagung terfermentasi selama 84 jam

d. Uji makroskopik

Hasil pengujian makroskopik ditampilkan pada tabel 1. Dari Tabel 1, amilum jagung alami secara makroskopik tergolong serbuk sangat halus (Very fine powder), karena amilum jagung alami mampu terayak seluruhnya pada ayakan mesh no. 80.

Amilum jagung terfermentasi dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, tergolong kedalam serbuk kasar karena amilum jagung terfermentasi seluruhnya terayak pada ayakan mesh no. 20.

Tabel 1 Ukuran Partikel amilum

Rep lika si	Ukuran Partikel Amilum					
	Amilum jagung	Fermentasi amilum jagung				
		0 jam	24 jam	48 jam	72 jam	84 jam
1	<180 µm	<180 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm
2	<180 µm	<180 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm
3	<180 µm	<180 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm	>850 µm

e. Uji Kadar air

Hasil pengujian kadar air pada amilum jagung alami dan amilum jagung terfermentasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Kadar Air Amilum Jagung Alami dan Amilum Jagung Terfermentasi.

Amil um jagu ng	Kadar air (%)				
	Fermentasi amilum jagung				
	Waktu 0 jam	Waktu 24 jam	Waktu 48 jam	Waktu u 72 jam	Waktu 84 jam
	13,73 ±0,03	13,73 ±0,06	13,05± 0,05	12,64± 0,04	12,20 ±0,1 0
					12,35 ±0,05

Hasil kadar air pada tabel di atas, menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi amilum, kadar air yang dihasilkan semakin kecil. Menurut Fitriyah (2003) semakin tinggi proses hidrolisis maka semakin banyak air yang diperlukan seiring dengan meningkatnya aktivitas enzim untuk menghidrolisis amilum tersebut menjadi bentuk gula-gula sederhana sehingga setiap pemutusan ikatan glikosidik oleh enzim -amilase akan menarik air ke dalam molekul gula sederhana dan air yang semula bebas akan terikat dan ikut menjadi bahan kering sehingga kadar air dapat berkurang. Setelah diuji dengan LSD, kadar air amilum pada waktu fermentasi 72 jam ternyata menunjukkan hasil berbeda bermakna dengan waktu 84 jam. Hal ini disebabkan karena

semakin lama waktu fermentasi, kadar air yang dihasilkan akan semakin meningkat, sedangkan enzim membutuhkan air dalam jumlah tetap sehingga kadar air naik (Fitriyah, 2003).

f. Pengukuran pH

Dilakukan pengukuran pH terhadap amilum jagung alami dan amilum terfermentasi, data pengukuran pH dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Uji pH Amilum Jagung Alami dan Amilum Jagung Terfermentasi

Amilum jagung alami	pH				
	Fermentasi amilum jagung				
	Waktu 0 jam	Wakt u 24 jam	Wakt u 48 jam	Wakt u 72 jam	Wakt u 84 jam
	5,41±0, 010	5,40±0,0 07	5,08± 0,003	4,96± 0,003	4,65± 0,007
					4,63± 0,003

Dari hasil pengukuran pH pada tabel 3, waktu fermentasi yang semakin lama dapat mengakibatkan pH yang dihasilkan semakin asam, dan pada penelitian ini terlihat bahwa fermentasi dengan lama waktu 84 jam menghasilkan pH yang paling asam yaitu sebesar 4,63. Aini et al (2009) menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka jumlah enzim yang dihasilkan akan semakin banyak yang menyebabkan kadar asam menjadi tinggi sehingga pH menjadi menurun.

3. Uji Sifat Fisik Granul Amilum

a. Uji kelembaban amilum

Berikut adalah nilai rata-rata kelembaban amilum.

Tabel 4 Nilai Rata-rata Kelembaban Amilum

Amil um jagu ng	Kelembaban (%)				
	Ferementasi amilum jagung				
	Waktu 0 jam	Waktu 24 jam	Wakt u 48 jam	Wakt u 72 jam	Waktu 84 jam
	3,85 ±0,0 7	3,89±0 ,02	2,99±0 ,02	2,59± 0,01	2,23± 0,02
					2,28±0, 01

Amilum jagung alami dan amilum jagung terfermentasi dengan variasi waktu 0, 24, 48, 72, dan 84 jam memenuhi persyaratan kandungan lembab atau kelembaban yang baik. Syarat kelembaban yang baik adalah

1%-5% (Lachman et al., 2008). Berdasarkan data kelembaban pada Tabel 4, semakin lama waktu fermentasi, kelembaban yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena kandungan glukosa dalam amilum yang semakin tinggi, dan monomer-monomer tersebut dapat menyerap serta mengikat banyak air sehingga menyebabkan kadar air menurun (Fitriyah, 2003).

b. Distribusi ukuran partikel

Berikut ini adalah nilai rata-rata amilum jagung terfermentasi selama 24, 48, 72, dan 84 jam yang tertambat pada masing-masing ayakan.

Tabel 5. Hasil Uji Distribusi Ukuran Partikel Amilum Jagung Alami & Amilum Jagung Terfermentasi dengan Variasi Waktu 0, 24, 48, 72, dan 84 Jam

Amilum	Mesh				
	20	40	60	80	> 80
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-	64,25 %	9,52 %	8,46 %	17,98 %
D	-	79,92 %	8,55 %	7,33 %	15,88 %
E	-	82,64 %	8,09 %	7,05 %	15,14 %
F	-	81,84 %	8,21 %	7,16 %	15,37 %

Keterangan:

- : Tidak terdapat amilum yang tertambat
- A : Amilum jagung alami
- B : Amilum jagung terfermentasi selama 0 jam
- C : Amilum jagung terfermentasi selama 24 jam
- D : Amilum jagung terfermentasi selama 48 jam
- E : Amilum jagung terfermentasi selama 72 jam
- F : Amilum jagung terfermentasi selama 84 jam

Berdasarkan jumlah amilum yang melewati ayakan mesh 40 diperoleh persentase fines pada waktu fermentasi 24, 48, 72, dan 84 jam berturut-turut adalah 17,98%; 15,88%; 15,14%; dan 15,37%. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, persentase fines semakin menurun. Persentase fines yang diperbolehkan adalah berkisar antara 10%-20% (Jenkins, 1957). Dari data di atas terlihat bahwa waktu fermentasi selama 48, 72 dan 84 jam memiliki distribusi yang sempit karena

lebih dari 50% partikel tertambat pada mesh 40. Akan tetapi persentase tertambat waktu 72 jam adalah yang paling besar (82,64%) sedangkan finesnya paling rendah (15,37%).

c. Uji Sifat alir

1. Uji waktu alir dan Sudut diam

Berikut adalah tabel 6 nilai rata-rata waktu alir dan sudut diam.

Tabel 6 Rata-rata Waktu Alir Amilum dan Sudut Diam

Uji waktu alir dan sudut diam	Amilum jagung terfermentasi					
	Amilum jagung	Waktu 0 jam	Waktu 24 jam	Waktu 48 jam	Waktu 72 jam	Waktu 84 jam
Waktu alir (gram/detik)	Tidak mampu mengalir	Tidak mampu mengalir	9,52 ± 0,06	11,26 ± 0,07	12,53 ± 0,04	12,50 ± 0,05
Sudut diam (°)	Tidak mampu mengalir	Tidak mampu mengalir	30,80 ± 0,12	26,95 ± 0,08	24,54 ± 0,04	25,08 ± 0,37

Dari hasil uji ANOVA diketahui bahwa variasi waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap waktu alir dan sudut diam amilum hasil fermentasi ($p < 0,05$). Amilum jagung alami tidak mampu mengalir, karena amilum jagung alami memiliki ukuran partikel yang kecil yaitu $< 180 \mu\text{m}$, kohesifitas antarpartikelnya meningkat sehingga sulit untuk mengalir (Voigt, 1995). Selain ukuran partikel dan granul amilum yang berbentuk sferis, hal lain yang dapat mempengaruhi waktu alir adalah kelembaban. Sesuai dengan hasil uji kelembaban, amilum jagung terfermentasi selama 72 dan 84 jam memiliki kelembaban yang paling rendah sehingga laju alirnya baik.

d. Uji kompaktibilitas

Berikut adalah nilai rata-rata kompaktibilitas amilum.

Tabel 7 Rata-rata Kompaktibilitas Amilum

Tabel 7 Rata-rata Kompaktibilitas Amilum

Amilum jagung	Kompaktibilitas (%)				
	Fermentasi amilum jagung				
	Waktu 0 jam	Waktu 24 jam	Waktu 48 jam	Waktu 72 jam	Waktu 84 jam
41,14 ±0,74	41,54± 0,66	20,21± 0,24	12,83 ±0,02	11,16 ±0,34	11,78 ±0,23

Dari hasil pengujian dengan uji ANOVA diketahui bahwa variasi konsentrasi bakteri berpengaruh signifikan terhadap kompaktibilitas amilum hasil fermentasi ($p < 0,05$). Dari data pada Tabel 7, terlihat bahwa waktu fermentasi 48 jam sampai dengan 84 jam menghasilkan nilai rata-rata kompaktibilitas yang sangat baik (5-12) dengan jumlah fines yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu fermentasi 0 dan 24 jam. Nilai kompaktibilitas dipengaruhi jumlah fines yang ada pada amilum. Campuran dengan jumlah fines yang lebih banyak akan memiliki kompaktibilitas yang lebih besar (Siregar, 2008). Semakin besar kompaktibilitas amilum, maka sifat alir yang dihasilkan akan semakin buruk karena jika amilum sangat rapat (kompaktibilitas tinggi) maka amilum akan sulit mengalir sehingga laju alirnya semakin buruk.

KESIMPULAN

1. Variasi waktu fermentasi dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus acidophilus* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisik granul amilum jagung dilihat dari parameter daya alir dan kompaktibilitas. Semakin lama waktu fermentasi, mengakibatkan laju alir dan kompaktibilitas amilum hasil fermentasi semakin baik
2. Waktu fermentasi selama 72 jam menghasilkan laju alir dan kompaktibilitas amilum jagung yang paling baik.

Daftar Pustaka

- Aini, N., Purwiyanto H., Tien R.M., dan Nuri A. 2009. Hubungan Sifat dan Rheologi Tepung Jagung Putih dengan Fermentasi Spontan Butiran jagung. Forum Pascasarjana, Vol. 32:33-43
- Depkes RI. 1995. Farmakope Indonesia, Edisi IV. Jakarta: Departemen Kesehatan RI. Hal: 107-109, 1043
- Fitriyah, D. F., 2003. Pembuatan Sirup Fruktosa dari Umbi Gembili secara Hidrolisis Enzimatis, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya
- Gunawan, D. dan Sri M. 2004. Ilmu Obat Alam (Farmakognosi), Jilid 1. Jakarta: Penebar Swadaya. Hal: 38-40.
- Jenkins. 1957. Scoville's The Art Of Compounding 9th Edition. London: The Blankiston Division MC Graw Hiill Book Company.
- Lachman, L., Herbert A. L., Joseph L. K. 2008. Teori dan Praktek Farmasi Industri. Jakarta: UI Press. Hal: 101.
- Li, Xia, W. Gao, Y. Wang, Q. Jiang and L. Huang. 2011. Granule Structural, Crystalline, and Thermal Changes in Native Chinese Yam Starch After Hydrolysis with Two Different Enzymes- α -amylase and Gluco-amylase. Starch/starke, 63: 75-82
- Singh, N., K. S. Sandhu, and M. Kaur, 2005. Physicochemical Properties Including Granular Morphology, Amylose Content, Swelling and Solubility, Thermal and Pasting Properties of Starches from Normal, Waxy, High Amylose and Sugary Corn. Progress in Food Biopolymer Research, Vol 1: 43-55.
- Siregar, C. J. P. 2008. Teknologi Farmasi Sediaan Tablet. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran ECG. Hal: 256-262.

- Soebagio, B., Sriwododo, Adhika A. S. 2009. Uji Sifat Fisikokimia Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Alami Dan Modifikasi Secara Hidrolisis Asam. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Sotomayor, C., J.F. Madrid, J. Fornal, J. Sadowska, Olsztyn, G. Urbano, Granada, and C. Vidal-Varvede. 1999. Lentil Starch Content and its Microscopical Structure as Influenced by Natural Fermentation. *Starch/Stärke*, 5: 152-156
- Voigt, R. 1995. Buku Pelajaran Teknologi Farmasi. 159-160, 169-170, 205-209. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.